

(41) BIM/CIM利用によるICT土工の運用効率化

石田 仁¹・矢吹 信喜²・酒林 圭介³・小野 友成⁴・森屋 陽一⁵

¹正会員 五洋建設株式会社 ICT推進室 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)

E-mail: Hitoshi.Ishida@mail.penta-ocean.co.jp

²フェロー会員 大阪大学教授 大学院工学研究科 環境エネルギー工学専攻
(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail: yabuki@see.eng.osaka-u.ac.jp

³正会員 五洋建設株式会社 土木部門土木本部 土木技術部 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)

⁴正会員 五洋建設株式会社 土木部門土木本部 土木技術部 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)

⁵正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

土工事においては、3次元データを一貫して使用し、生産性の向上を目指すICT土工が展開され、生産性向上が進められている。この中で、中小規模の現場においては、それらのシステム運用に苦慮するケースが多々見られる。本研究では、ICT土工システムの運用の効率化を目的とし、BIM/CIMモデル上でICT建設機械の計画情報、施工記録情報を視覚的に管理するとともに、設計パラメトリックモデルや日々の出来形データを活用することにより、ICT土工システムの施工記録の管理や計画の更新を自動化し、本手法の有効性を確認した。

Key Words : BIM/CIM, ICT, earthwork, automatic planning, i-Construction

1. はじめに

建設業は社会の少子高齢化が進む中で、深刻な労働者不足となっており、生産性の向上や、熟練者の退職によって失われるノウハウの補間は喫緊の課題である。これに対し、国土交通省は2012年よりBIM/CIM (Building/Construction Information Modeling, Management) を推進しており、3次元モデルの活用を中心に、調査・設計から施工、維持管理までの建設生産プロセスの一連の流れを合理化することを目指している。また、2015年11月に同じく国土交通省により発表されたi-Constructionにより、施工現場における3次元データの利活用が急速に拡大しつつある。ICT土工をはじめ、ICT舗装工、ICT浚渫工など、適用工種を拡大しながら、ICTを活用した生産性向上や、管理の高度化を実現するための新基準が次々と打ち出されている状況である。ICT土工については、測量、設計・施工計画、施工、検査の全工程において、3次元データを一貫して使用することにより生産性の向上を目指している。2025年度のBIM/CIM原則適用に向け、施工に携わる現場担当者が無理なく日々実践できる手法や仕組みが望まれるところである。

このような中で、中小規模の現場においては、ICT土工の運用が円滑に行なえていないケースが多々あり、天

候等の諸条件に応じて土工計画を変更する際に、ICT建設機械の設定変更の対応に苦慮しているケースも多々見られる。ICT建設機械の設定情報は、多くの場合土工の完成形状(設計BIM/CIMモデル)をもとに作られるが、実際の工事では施工途中の形状が必要となる場面も多く、この場合は施工ステップごとにBIM/CIMモデルを作成する必要がある。

そこで本研究では、ICT土工の運用の効率化を目的として、土工のBIM/CIMモデルの修正を現場担当者によっても容易に可能とする手法を採用するとともに、BIM/CIMモデル上で視覚的にICT建設機械の計画情報、施工記録情報を管理し、さらに日々の計画の作成と施工記録の管理を自動化、それらの有効性を確認するものとした。なお、試行を実施した現場は、愛知県北設楽郡設楽町に計画されている設楽ダム造成のための運搬路整備工事である。工事の概要を表-1に示す。

2. 現行の管理手法

現行の管理手法について、ICT土工の関連基準をもとに確認すると、ICT建設機械の活用に関する管理基準と

表-1 試行工事の概要

工 事 名	平成31年度 設楽ダム廃棄岩骨材運搬路整備工事
工事場所	愛知県北設楽郡設楽町田口地先
工 期	2019年7月6日～2021年3月31日
工事概要	【シウキ工区】 掘削 V=187,970m³, 法面工 A=13,460m², 排水構造物工 1式 【江ヶ沢工区】 盛土 V=154,920m³, 法面工 A=1,987m², 補強盛土 30,300m³, 擁壁工1式 【田尻工区】 鋼製橋工 L=568m, 擁壁工 A=319m²

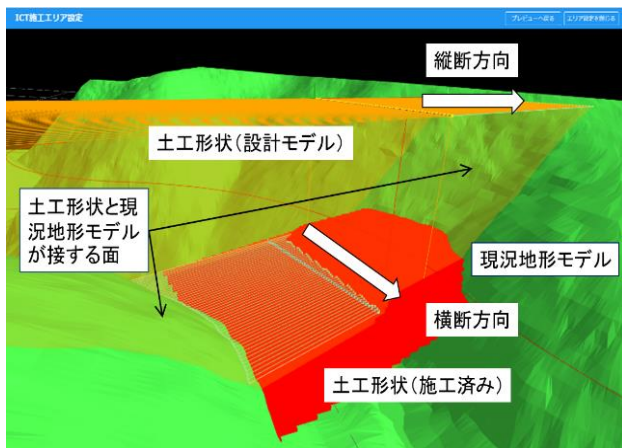


図-1 本提案のBIM/CIMモデルの構成(俯瞰)

しては、締固め回数管理や層厚管理(各層の仕上がり高さの差分)、出来形管理について、国土交通省の基準・要領¹²⁾に示されている。これらの基準では、BIM/CIMモデルの活用について具体的には触れておらず、確認・提出すべき帳票例(2次元で表現されたもの)が示されている。

道路土工のBIM/CIMモデルについては、CIMガイドライン土工編⁹⁾において、設計から引き継がれるモデルとして、地形モデルや線形モデル、土工形状モデル等が挙げられ、土工形状モデルについてはICT建設機械による施工結果を用いて更新する流れを示している他、締固め管理や層厚管理の情報を3Dサーフェスモデルや3DボックスモデルとしてBIM/CIMモデル化し、表現している例が紹介されている。

3. パラメトリックモデルの活用

本研究では現行の管理手法を参考に、ICT建設機械から取得した締固め回数管理、層厚管理(各層の仕上がり高さを含む)を用い、施工中の盛土各層の土工形状BIM/CIMモデルを自動作成するものとした。

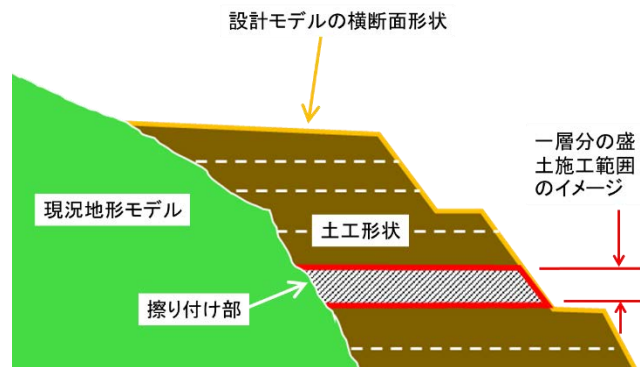


図-2 盛土施工の各層と土工形状モデルの関係

土工形状BIM/CIMモデルの作成方法については、現場担当者がBIM/CIMのモデリングを行うことができない場合を想定して、パラメトリックモデルを使用するものとした。パラメトリックモデルについては、国土技術政策総合研究所より、「データ交換を目的としたパラメトリックモデルの考え方(素案)」⁹⁾が示され、その中で構造物のモデリングの例として、ボックスカルバートや擁壁、側溝、橋などのサンプルが示されており、今後は数値パラメータを入力することで容易に変更可能なBIM/CIMモデルの活用が促進されと考えられる。道路土工等についても、パラメトリックモデルの活用は可能であり、本試行の設計BIM/CIMモデルについては、道路中心線や縦断曲線、横断面を組み合わせて自動作成するものとした。

本試行のBIM/CIMモデルの構成を図-1に示す。土工形状のうち、オレンジ色の部分が設計BIM/CIMモデル(完成形状)、赤色の部分がこの時点における施工済みの部分を示す。施工が進むにつれ、オレンジ色の部分が下層から上層に向かって赤色に変化する。この例では土工形状(オレンジ色・赤色)が、縦断方向上り側・下り側の両側で現況地形(薄緑色)にはさまれているが、このような場合、各層の土工形状モデルの範囲は、両側の現況地形モデル、ならびに設計モデル左右と接した面を端部として自動計算する。各層の土工形状モデルを横断面で表した例を図-2に示す。ここでは、左側の現況地形モデルと、右側の設計BIM/CIMモデルにはさまれた土工形状モデルを例に説明する。一層の厚さは一般的に30cm程度であり、下の層から順番に上の層に向かって施工を行う。図-2の左側、現況地形と接する部分は擦り付け部となり、盛土層厚は現況地形の形状に応じて変化する。

以上の仕組みを用いることにより、施工の進捗に応じて変化する標高に対して、自動的に設計モデル内の盛土面を算出し、柔軟かつ容易にICT土工の運用中にICT建設機械に登録する各層の土工形状(盛土面)を作成することが可能である。

施工の進捗に応じた土工形状(盛土面)の算出イメージ

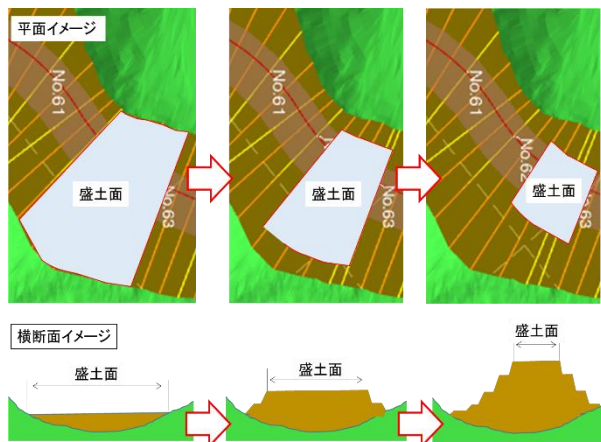
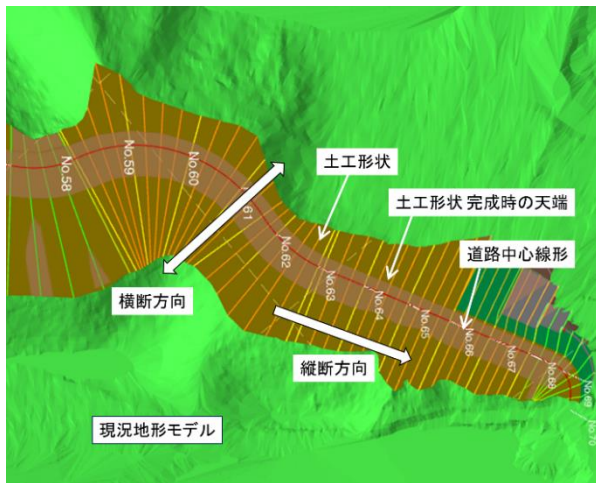


図-3 施工の進捗に伴う ICT 土工計画の算出内容イメージ

を図-3に示す。ここで示すように施工が上層に向かうにつれて、一般的に土工形状(盛土面)は横断方向に狭くなる。

4. 盛土計画時の職員の作業

本手法を用いて、各層の土工形状(盛土面)を作成する手順を示す。盛土計画の入力項目を表-2に示す。これらの入力項目はそれぞれ、変更がなければ次回以降は入力を省略するものとした。特に①対象構造物、②盛土材料については変更の頻度は低い。このため、職員は多くの場合まず、平面上で③縦断・④横断方向の施工範囲を指定する(図-4参照)。

その後、必要に応じて⑤縦断方向、⑥横断方向の勾配を調整することが可能である。ひとつの盛土面で勾配を変化させたいときには、⑦勾配変化線を指定する。最後に⑧標高を指定する。標高の指定方法は、現況地形や前層の高さからのオフセットで行う。手動で指定したい場合は数値を入力して変更することも可能である。

表-2 各層の土工形状(盛土面)作成時の入力項目

①対象構造物	「路体」「路床」などの対象構造物を指定し、基準で定められた盛土層厚を適用
②盛土材料	「土砂」「軟岩」などの盛土材料を指定し、試験施工で決定されたまき出し厚を適用
③縦断方向範囲	縦断方向の盛土範囲を横断測線で指定 (例) STA No.60 + 0m ~ STA No.61 + 5m
④横断方向範囲	横断方向の盛土範囲を指定 計算方法は、左右それぞれ 1) 現況地形に接する 2) 設計モデルに接する 3) 手動選択 があり、手動の場合は平面図中に直接描画
⑤縦断勾配	縦断方向の盛土勾配を指定
⑥横断勾配	横断方向の盛土勾配を指定
⑦勾配変化線	盛土計画面に複数の勾配を持たせたい場合(擇み勾配など)には勾配変化線を平面図中に直接描画
⑧計画高さ	エリアの最終到達高さをGLまたは現況高さからのオフセットで指定

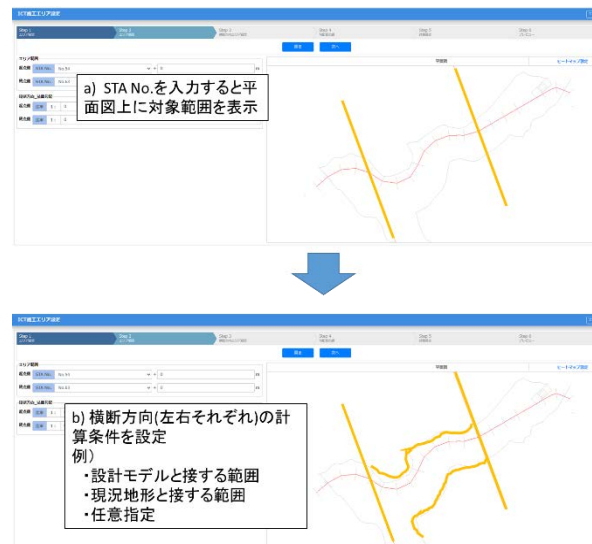


図-4 縦断・横断方向の計算条件指定方法

施工を開始した後は、前の層の仕上がり高さ(出来形)を用いて、標高を自動設定することが可能であるため、職員が特に設定作業をしなくとも次の層の盛土面を自動作成することが可能である。以上のように ICT 土工の管理作業は、特に不規則な計画を要しない限り、多くの場合に省略可能である。

ここで、不規則な計画が必要となった例として、工事用の運搬路を一時的に避けた計画を行った例を説明する。この例では、盛土のほぼ縦断方向に沿って一時的な運搬路を確保する必要が生じ、盛土計画に対して広範囲に影響が生じた。盛土を途絶えさせない必要性から、横断方向に走路を2車線設定し、施工の進行に合わせて切替ながら交互に施工した(図-5参照)。

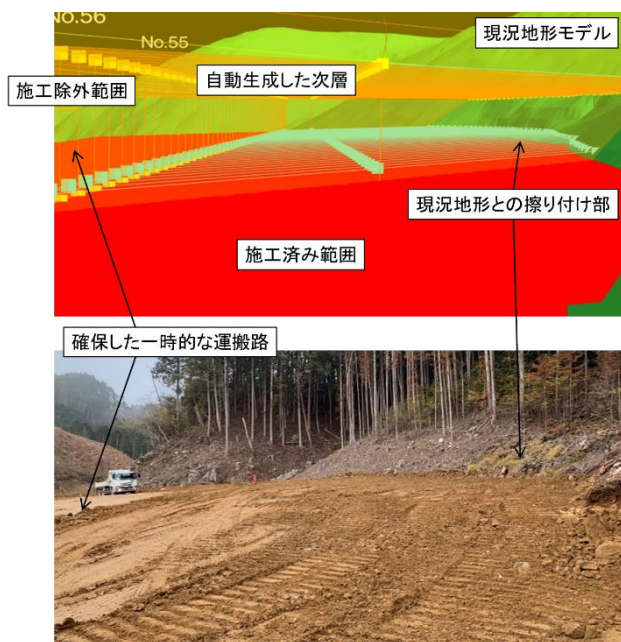


図-5 不規則な計画や計画変更への対応例
(盛土範囲で運搬路を切り替えながら施工)

走路を除外した盛土面は、横断方向の範囲を手動設定とすることで容易に作成することができ、ブルドーザや振動ローラのオペレータも、ICT 建設機械の設定に従って施工を行うことで混乱を防ぐことができた。また、現況地形との擦り付け部分についても、自動的に複雑な盛土計画範囲を設定することができ、施工すべき範囲を明確にすることができた。

図-5に示す ICT 土工の計画作成について、従来の手法との比較を表-3 に示す。従来の手法であれば、煩雑な管理となるケースであるが、計画作成やオペレータへの指示に費やした時間を 0.8 人/日削減することができた。

5. おわりに

BIM/CIMモデルをICT土工の管理に用いることにより、現場職員がICT建設機械の設定やオペレータへの指示に費やしていた時間を0.8人分削減することができた。また、現場の状況の変化に応じて施工範囲を頻繁に変更した場合にも、ICT建設機械に設定された計画通りにオペレータが施工することによって、オペレータと現場職員双方の混乱を防ぐ効果もあった。

表-3 職員の管理作業の効率

	既往のICT土工管理	本技術
高さ確認・指示	360分	120分
帳票作成	60分	20分(自動化)
作業時間合計	420分	140分
作業人員合計	$420分 \div 360分/人 = 1.2人$	$140分 \div 360分/人 = 0.4人$

※1日の施工当たり

※道路工事、盛土延長100m

BIM/CIMの大きな特徴として、コンピュータによる解釈が容易であるという点が挙げられるが、本事例においても、BIM/CIMを活用することで管理を容易に自動化することができ、効率と業務品質双方のメリットを得ることができた。今後も、BIM/CIMを現場管理のプラットフォームとして活用し、施工管理に伴う作業の自動化や省力化に取り組み、現場の担当者がより施工管理に注力できる環境を構築したい。

謝辞：本手法の現場試運用にあたっては、その一部について官民研究開発投資拡大プログラム（通称 PRISM）予算を活用して国土交通省が実施する『建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト』の助成を受けた。また、本研究の実施にあたり、中部地方整備局技術管理課・設楽ダム工事事務所をはじめ、関係者から多大なご協力を受けた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領，pp.30-35，2020.
- 2) 国土交通省：TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理の監督・検査要領，pp.13-17，2021.
- 3) 国土交通省：施工履歴データを用いた出来形管理の監督・検査要領（土工編）（案），pp.6，2021.
- 4) 国土交通省：BIM/CIM活用ガイドライン(案)第5編 道路編，pp.22，2021.
- 5) 国土技術政策総合研究所：データ交換を目的としたパラメトリックモデルの考え方(素案)，pp.8-41，2021.